



به نام خدا

# *Milad Tower*

*(Tehran Telecommunication Tower)*

*A Simplified Analysis*

پروژه درس اجزاء محدود

ارائه دهنده:

بهمن ابوالحسن زاده

۷۹۱۰۱۲۰۶

تاریخ ۱۳۸۳/۴/۱۵

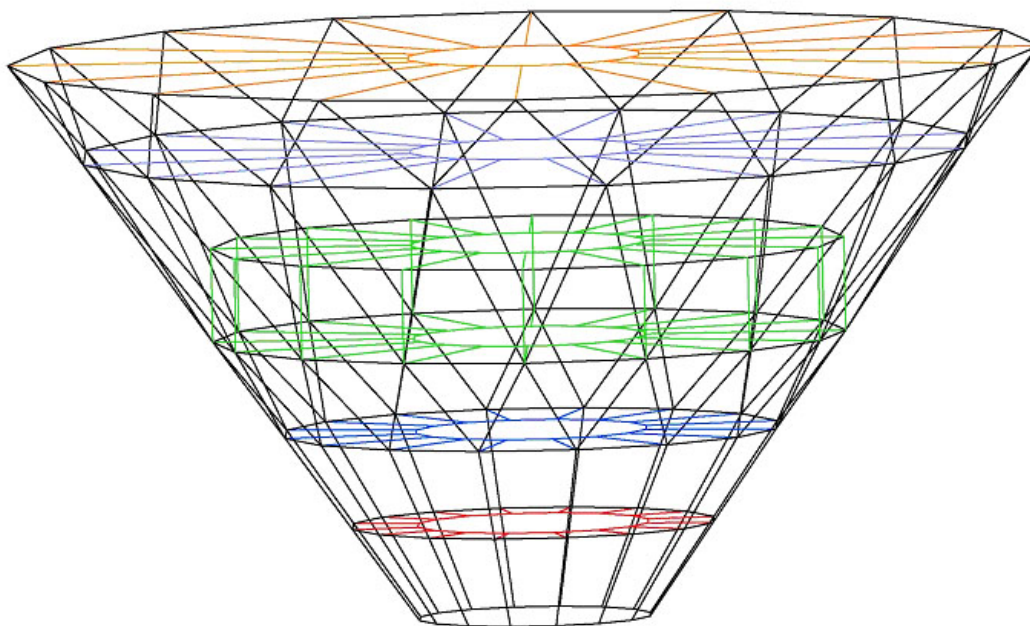
## برج میلاد (برج مخابراتی تهران)

برج مرتفع ۴۳۵ متری بتن مسلح میلاد علاوه بر اینکه به منظور برطرف ساختن مشکل برد کوتاه مخابراتی قرار است دارای جاذبه‌هایی برای مردم باشد. کاربردهای دیگر این برج چند منظوره در دست ساخت، نصب آنتن‌های UHF و VHF تلویزیونی و رادیویی، پیش‌بینی وضعیت آب و هوا و همچنین استفاده برای رونق دادن به امر گردشگری می‌باشد. در اینجا می‌بایست ذکر شود که هر مرحله از کار این سازه منحصر به فرد کاملاً توسط مشاورین و شرکت‌های طرف قرارداد ایرانی با کمک تکنولوژی‌ها و علوم به روز دنیا تحلیل و طراحی شده است.

علاوه بر قابلیت‌ها چندگانه، این برج قرار است سمبولی از خواست ملت و استقامتشان در طول ۸ سال دفاع مقدس و نشان دهنده نوسازی خسارت‌های دیده شده در طول جنگ توسط تجاوزگران باشد.

## مدل سازی

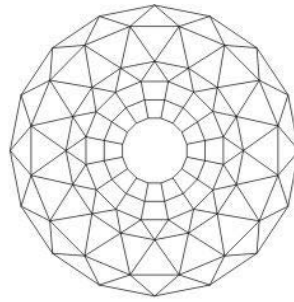
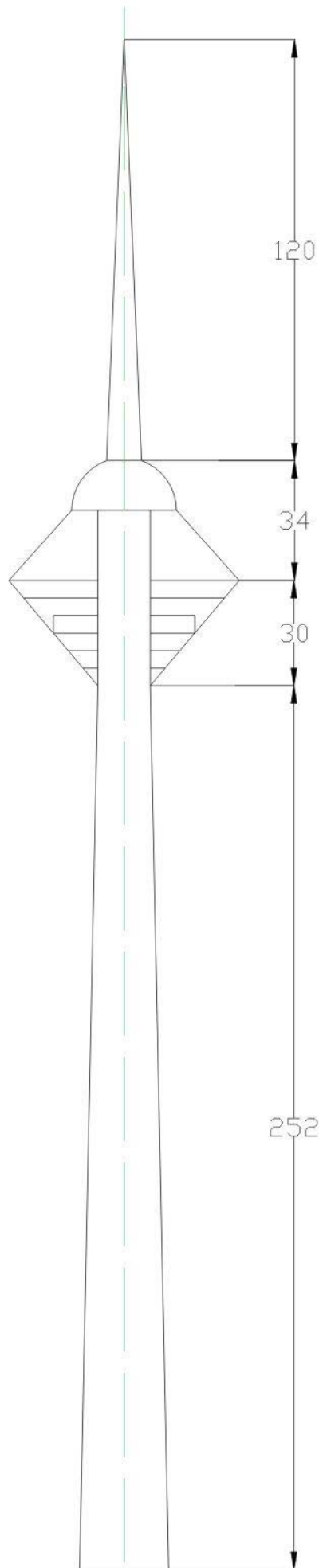
در این مقاله به تحلیل مدل ساده شده ای از قسمت بالایی برج میلاد می پردازیم. روش حل استفاده از قواعد و قوانین بدست آمده در مبحث اجزاء محدود<sup>1</sup> می باشد. به این صورت که در ابتدا مدل ساده شده را برای درک بهتر در برنامه AutoCAD ساختیم که شکل سه بعدی آن در شکل زیر نشان داده شده است:



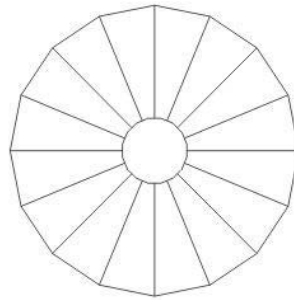
همانطور که در شکل دیده می شود خطوط مشکی لینک هایی می باشند که انتهای تیرهای داخلی را به هم وصل می کنند و دارای اتصال گویبی کاسه ای می باشند یعنی این لینک ها فقط نیرو را تحمل می کنند و قابلیت تحمل ممان ندارند. علاوه بر لینک های خارجی که به رنگ مشکی می باشند تیرهای داخلی که به ستون مرکزی برج وصل می شوند در شکل به صورت رنگی نشان داده شده است. همچنین برای وضوح بهتر برای طبقات از رنگ های مختلف استفاده شده است. این تیرها از یک طرف به ستون برج گیردار شده اند و از طرف دیگرشان با تیرهای دیگر توسط لینک های خارجی (مشکی رنگ) ارتباط دارند.

## بارگذاری

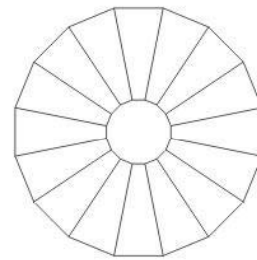
در شکل زیر نمای از کنار مدل ساده شده برج میلاد به همراه بارگذاری طبقات مختلف نشان داده شده است:



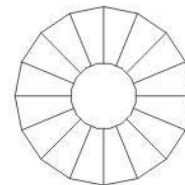
**Top View**



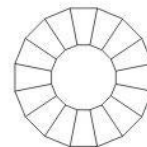
**Elevation +282 m**  
**Load 600 kg per Sqr. meter**



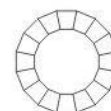
**Elevation +277 m**  
**Load 600 kg per Sqr. meter**



**Elevation +267 m**  
**Load 1000 kg per Sqr. meter**



**Elevation +262 m**  
**Load 600 kg per Sqr. meter**

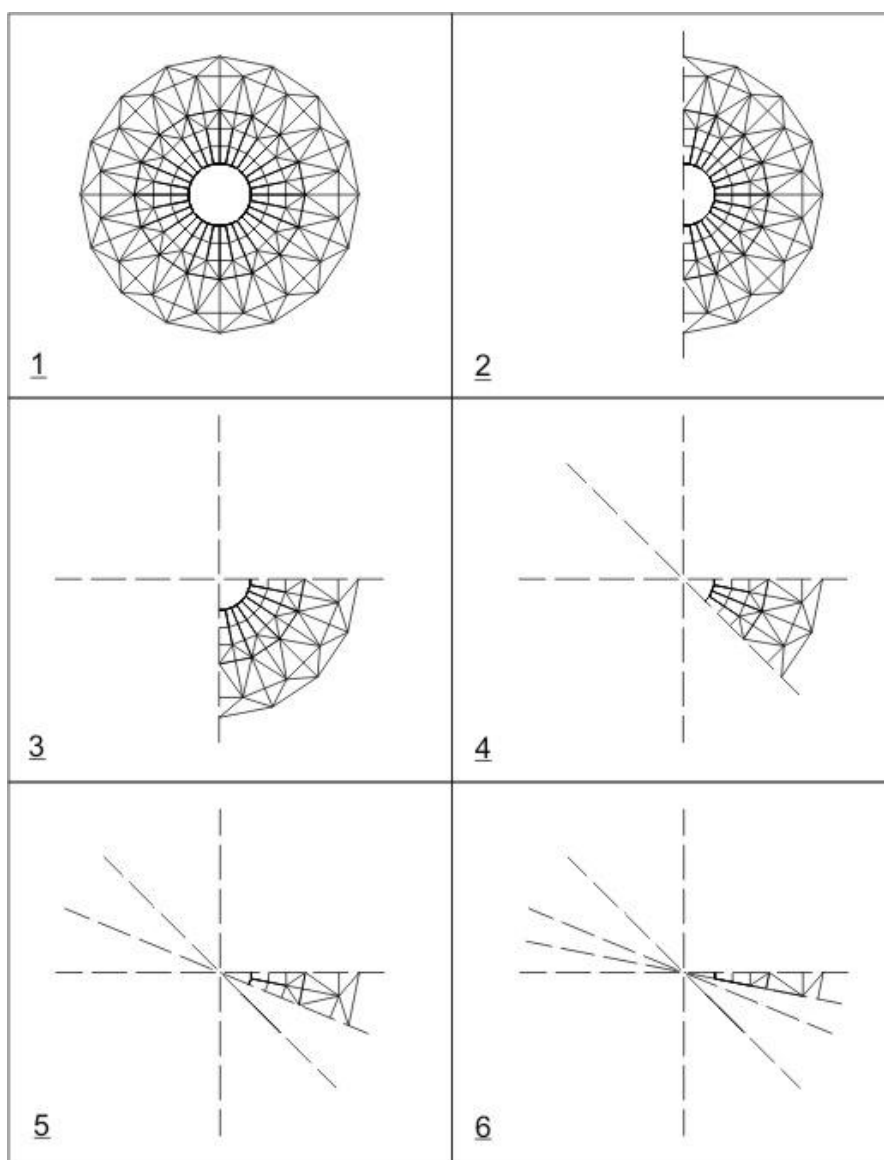


**Elevation +257 m**  
**Load 600 kg per Sqr. meter**

همانطور که در شکل بالا دیده می شود ما در اینجا می خواهیم به تحلیل قسمتی از سازه که در ارتفاع مابین ۲۵۲ و ۲۸۲ متر قرار دارد پردازیم. در شکل صفحه قبل بالاترین شکل در سمت راست، نما از بالای لینک های بیرونی می باشد و شکل های زیر آن به ترتیب از بالا به پایین نما از بالای تیرهای متصل به ستون برج در هر طبقه می باشند.

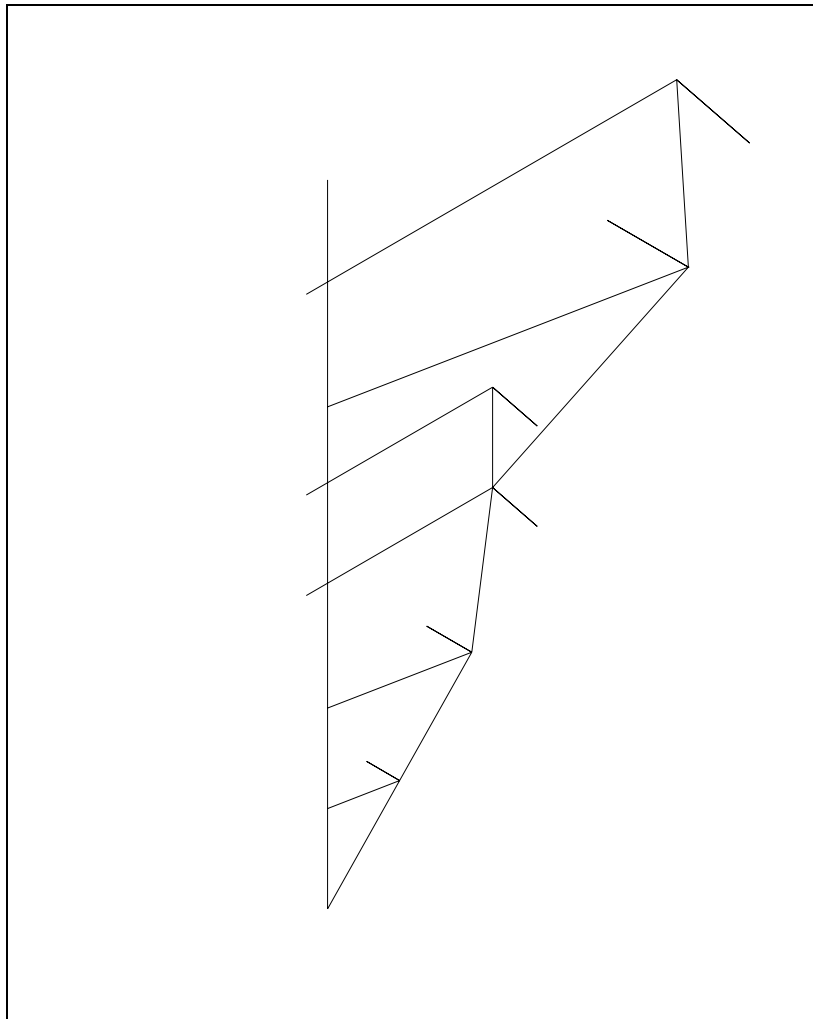
## استفاده از تقارن

پس از ایجاد درک صحیحی از مدل با توجه به مدل سه بعدی نشان داده شده و همچنین اینکه بارگذاری در این مساله به صورت متقارن در نظر گرفته شده است<sup>۱</sup>، مدل سه بعدی را با استفاده از تقارن به مدل کوچکتري که قابلیت حل بهتری داشته باشد تبدیل کردیم که از محاسبات اضافی جلوگیری شود. در شکل زیر مراحل استفاده از تقارن از نمای بالا نشان داده شده است.



<sup>۱</sup> از آنجا که حل سازه ای با این ابعاد به صورت دستی آن هم با حالت غیر متقارن کار بسیار پیچیده ای می باشد در اینجا بارگذاری را متقارن فرض کرده ایم و مثلاً از بار باد و ... که ممکن است بارگذاری را غیر متقارن کنند صرف نظر کرده ایم.

پس از اعمال تقارن بر روی مدل اولیه مدل سه بعدی تقارن زده شده را پرینت گرفته و المانها و نودها شماره گذاری شدند که در زیر نشان داده شده است:



همانطور که در شکل بالا دیده می شود بعضی از اتصالات دارای دو شماره می باشند که به این خاطر می باشد که در این اتصالات یک یا چند لینک به یک تیر داخلی متصل شده اند و از آنجا که درجات آزادی این دو نوع المان مساوی نمی باشند از دو نود استفاده شده تا به این صورت در نظر گرفته شود که لینک (ها) به یک نود متصل هستند و تیر به نود دیگر و پس از آن فقط درجات حرکتی  $(u, v, w)$  را برابر قرار می دهیم (یعنی با این کار درجه آزادی ممان های لینک ها را از تیرها جدا می سازیم). پس از این اطلاعات مربوط به این المان ها و نودها را در فایل اکسلی وارد کردیم تا در کد MATLAB که برای این پروژه نوشتیم از آن استفاده کنیم.

## فایل اکسل ساخته شده به عنوان ورودی برنامه

اطلاعات ذخیره شده برای هر المان در فایل اکسل عبارتند از:

- \* طول المان
- \* مساحت مقطع المان (که با کمک استاد مربوطه در نظر گرفته شد)
- \* زاویه المان با سه محور X و Y و Z (با کمک نرم افزار AutoCAD محاسبه گردید)
- \* ضریب سختی (E)
- \* ممان های سطح مقطع المان ها ( $I_{xx}$  و  $I_{yy}$ )
- \* نود ابتدایی و انتهایی هر المان همراه با شرایط مرزی در آن المان

همچنین در فایل اکسل مربوطه در چهار ستون اطلاعات مربوط به نودها که شامل سه جزء زیر می باشند وارد شده است:

- \* شماره نود اتصالاتی که دارای دو شماره می باشند برای نود دیگر آن اتصال
- \* نوع المان متصل به نود بر اساس اینکه آیا روی صفحه های تقارن قرار داد یا خیر و همچنین کدام صفحه تقارن
- \* نوع شرایط مرزی نود بر اساس صفحات تقارن

(فایل اکسل ذکر شده در قسمت ضمایم آورده شده است و همچنین در دیسک فشرده همراه پروژه موجود می باشد).

در مرحله بعد ماتریس سختی و ماتریس تبدیل (برای تبدیل ماتریس سختی از مختصات محلی به مختصات کلی) کلی مربوط به المان های لینک و Beam (که در این تحلیل استفاده شده) را از مقاله ای که در مراجع ذکر شده استخراج کردیم:

$\Delta x_1$	$\Delta y_1$	$\Delta z_1$	$\theta y_1$	$\theta z_1$	$\Delta x_2$	$\Delta y_2$	$\Delta z_2$	$\theta y_2$	$\theta z_2$
$\frac{AE}{L}$	0	0	0	0	$-\frac{AE}{L}$	0	0	0	0
0	$\frac{12EI}{L^3}$	0	0	$\frac{6EI}{L^2}$	0	$-\frac{12EI}{L^3}$	0	0	$\frac{6EI}{L^2}$
0	0	$\frac{12EI}{L^3}$	$-\frac{6EI}{L^2}$	0	0	0	$-\frac{12EI}{L^3}$	$-\frac{6EI}{L^2}$	0
0	0	$-\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{4EI}{L}$	0	0	0	$\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{2EI}{L}$	0
0	$\frac{6EI}{L^2}$	0	0	$\frac{4EI}{L}$	0	$-\frac{6EI}{L^2}$	0	0	$\frac{2EI}{L}$
$-\frac{AE}{L}$	0	0	0	0	$\frac{AE}{L}$	0	0	0	0
0	$-\frac{12EI}{L^3}$	0	0	$-\frac{6EI}{L^2}$	0	$\frac{12EI}{L^3}$	0	0	$-\frac{6EI}{L^2}$
0	0	$-\frac{12EI}{L^3}$	$\frac{6EI}{L^2}$	0	0	0	$\frac{12EI}{L^3}$	$\frac{6EI}{L^2}$	0
0	0	$-\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{2EI}{L}$	0	0	0	$\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{4EI}{L}$	0
0	$\frac{6EI}{L^2}$	0	0	$\frac{2EI}{L}$	0	$-\frac{6EI}{L^2}$	0	0	$\frac{4EI}{L}$

ماتریس سختی محلی

$\Delta x_1$	$\Delta y_1$	$\Delta z_1$	$\theta y_1$	$\theta z_1$	$\Delta x_2$	$\Delta y_2$	$\Delta z_2$	$\theta y_2$	$\theta z_2$
czcy	szcy	-sy	0	0	0	0	0	0	0
czsysx -cxsz	sysxsz +cxcz	sxcy	0	0	0	0	0	0	0
cxsysz +sxsz	cxsysz -sxcz	cxcy	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	czcy	szcy	-sy	0	0
0	0	0	0	0	czsysx- cxsz	sysxsz +cxcz	sxcy	0	0
0	0	0	0	0	cxsysz+ sxsz	cxsysz -sxcz	cxcy	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

ماتریس تبدیل



## تشریح کد MATLAB نوشته شده

پس از اینکه همه اطلاعات را جمع آوری کردیم کد MATLAB ی نوشتیم که جابجایی ها را در نود ها محاسبه می کرد. در زیر به تشریح کد نوشته شده می پردازیم.  
در خط زیر فایل ورودی ذخیره شده را که در بالا توضیح داده شد خوانده می شود و در ماتریس Inputs قرار می گیرد:

```
Inputs = xlsread('...\inputs.xls');
```

در قطعه کد زیر در یک حلقه for برای ۱۸ المان موجود ماتریس سختی محلی و ماتریس تبدیل تشکیل داده می شود و سپس با ضرب ترانهاده ماتریس تبدیل در ماتریس سختی محلی در ماتریس تبدیل ماتریس سختی کلی هر المان تشکیل می شود.

همچنین باید ذکر شود که در اینجا برای تشکیل ماتریس های نامبرده از اطلاعات موجود در ماتریس Inputs که از فایل اکسل گرفته شده است استفاده می شود. مثلا زاویه المان با محورها، ممان سطح مقطع المان مورد نظر از Inputs جایگزین می شود.

در اینجا ممکن است که کد کمی در هم و شلوغ به نظر بیاید که به خاطر این می باشد که متن در Word وارد شده و کمی به هم ریخته متن پرینت شده در MATLAB کد مورد نظر در قسمت ضمائم آورده شده است. از این به بعد برای خوانایی بهتر متن از آوردن کد در داخل متن خودداری کرده و شماره خط کد مورد نظر را در قسمت ضمائم و یا بر روی دیسک فشرده ذکر می کنیم.)

```
for i = 1:18
    x = Inputs(i,7)*pi/180; y= Inputs(i,8)*pi/180; z=Inputs(i,9)*pi/180; A =
    Inputs(i,6) ; Iy = Inputs(i,11) ; Iz = Inputs(i,12) ; E = Inputs(i,10); L
    =Inputs(i,5) ;
    T = [[cos(z)*cos(y) , sin(z)*cos(y) , -sin(y) , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0]; ...
        [cos(z)*sin(y)*sin(x)-cos(x)*sin(z) , sin(y)*sin(x)*...
        sin(z)+cos(x)*cos(z) , sin(x)*cos(y) , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0];
    [cos(x)*sin(y)*cos(z)+sin(x)*sin(z) , cos(x)*sin(y)*sin(z)-
    sin(x)*cos(z) , cos(x)*cos(y) , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0]; ...
    [0 , 0 , 0 , 1 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0]; [0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0]; [0 , 0 , 0 , 0 , 0 , cos(z)*cos(y) , sin(z)*
    cos(y) , -sin(y) , 0 , 0]; ...
    [0 , 0 , 0 , 0 , 0 , cos(z)*sin(y)*sin(x)-cos(x)*sin(z) , sin(y)
    *sin(x)*sin(z)+cos(x)*cos(z) , sin(x)*cos(y) , 0 , 0]; ...

    [0 , 0 , 0 , 0 , 0 , cos(x)*sin(y)*cos(z)+sin(x)*sin(z) , cos(x)*sin(y)*sin(z)-
    sin(x)*cos(z) , cos(x)*cos(y) , 0 , 0]; ...
    K1_f = [[A*E/L , 0 , 0 , 0 , 0 , -A*E/L , 0 , 0 , 0 , 0];
    [0 , 12*E*Iz/L^3 , 0 , 0 , 6*E*Iz/L^2 , 0 , -12*E*Iz/L^3 , 0 , 0 , 6*E*Iz/L^2]; ...
    [0 , 0 , 12*E*Iy/L^3 , -6*E*Iy/L^2 , 0 , 0 , 0 , -12*E*Iy/L^3 , -
    6*E*Iy/L^2 , 0]; [0 , 0 , -6*E*Iy/L^2 , 4*E*Iy/L , 0 , 0 , 0 , 6*E*Iy/L^2 , 2*E*Iy/L , 0]; ...
    [0 , 6*E*Iz/L^2 , 0 , 0 , 4*E*Iz/L , 0 , -6*E*Iz/L^2 , 0 , 0 , 2*E*Iz/L]; [-
    A*E/L , 0 , 0 , 0 , 0 , A*E/L , 0 , 0 , 0 , 0]; ...
    [0 , -12*E*Iz/L^3 , 0 , 0 , -6*E*Iz/L^2 , 0 , 12*E*Iz/L^3 , 0 , 0 , -
    6*E*Iz/L^2]; ...
    [0 , 0 , -12*E*Iy/L^3 , 6*E*Iy/L^2 , 0 , 0 , 0 , 12*E*Iy/L^3 , 6*E*Iy/L^2 , 0]; ...
    [0 , 0 , -
    6*E*Iy/L^2 , 2*E*Iy/L , 0 , 0 , 0 , 6*E*Iy/L^2 , 4*E*Iy/L , 0]; [0 , 6*E*Iz/L^2 , 0 , 0 , 2*E*Iz/L ,
    0 , -6*E*Iz/L^2 , 0 , 0 , 4*E*Iz/L];
    K{i} = T'*K1_f*T;
end
```

در قسمت بعد (شماره خط ۲۳ تا ۳۱) با کمک یک حلقه For و همچنین تابعی با نام Total\_Mat (که مخفف TotalMatrix می باشد و هدف آن ایجاد ماتریس کلی سازه می باشد) ماتریس های کلی هر المان را وارد ماتریس کلی ۱۲۵×۱۲۵ سازه می کنیم.

در حلقه For برای هر المان در ابتدا vector ی را می سازیم که دارای طول ۱۰ می باشد و بر اساس شماره نود ابتدا و انتهای المان محل قرار گرفتن اجزای ماتریس سختی محلی آن المان در ماتریس سختی کل سازه را مشخص می کند. سپس با استفاده از این vector و ماتریس سختی مربوطه آن المان و ماتریس  $125 \times 125$  کل به عنوان ورودی تابع Total\_Mat ، تابع ماتریس کل پس از اعمال ماتریس سختی المان مربوطه را بر می گرداند.

در خط ۳۳ ماتریس سختی  $125 \times 125$  کل را به صورت یک فایل اکسل به عنوان خروجی برای چک کردن نظری ماتریس با نام BigMatrix استخراج می شود.

(در نوشته زیر حذف درجه آزادی به این معنی می باشد که در ماتریس کلی سطر و ستون مربوط به آن درجه آزادی را حذف می کنیم که در انتهای این توضیحات نمونه ای از کد مربوط به حذف یک درجه آزادی نشان داده شده است.)

در قسمت بعد (شماره خط ۳۶ تا ۱۱۷) با توجه به شرایط مرزی و نوع المان ها یک سری از درجات آزادی ماتریس کلی را حذف می کنیم به اینصورت که:

\* نود هایی که روی ستون مرکزی برج قرار دارند تمام درجات آزادیشان حذف می شود زیرا کاملاً گیردار می باشند.

برای بقیه نودها که روی ستون قرار ندارند به این صورت عمل می شود که به ترتیب:

\* اگر نود متصل به المان لینک باشد درجات آزادی  $\theta_z$  و  $\theta_y$  مربوط به آن نود حذف می شود زیرا المان لینک ممان تحمل نمی کند در نتیجه  $\theta$  ندارد. اگر نود متصل به المان Beam باشد درجه آزادی  $\theta_y$  حذف می شود زیرا با دلیل تقارن شکل هندسی و بارگذاری  $\theta_y$  نداریم.

\* سپس برای نود مورد نظر چک می شود که آیا این نود المان لینک را به Beam متصل می کند یا نه. که در هر صورت دو حالت دارد.

در هر دو حالت اعمال زیر انجام می شود با این تفاوت که در حالتی که نود مربوطه یک المان لینک را به یک المان Beam متصل می کند قبل اینکه درجه آزادی های گفته شده در زیر را حذف کنیم درجات آزادی روبرو را برابر قرار می دهیم:  $w_l = w_b, v_l = v_b, u_l = u_b$  (b مخفف Beam و a برای نشان دهنده لینک است).

چک می شود که بر روی صفحه تقارن مایل قرار دارد یا بر روی صفحه تقارن افقی. اگر بر روی صفحه تقارن مایل قرار داشته باشد از آنجا که معادله این صفحه  $u = 0.198912 * w$  می باشد برابر سطر و ستون مربوط به درجه آزادی w به سطر و ستون مربوط به درجه آزادی u اضافه می شود و درجه آزادی w حذف می گردد. در صورتی که نود مربوطه بر روی صفحه تقارن افقی باشد درجه آزادی w آن حذف می شود.

باید در اینجا ذکر شود که در ابتدای این اعمال ماتریس صفر  $25 \times 5$  با نام Dof ایجاد کردیم که در هر مرحله که درجه آزادی را حذف می کردیم عضو معادله در ماتریس Dof را یک می کردیم تا در انتها بدانیم که هر ستون ماتریس نهایی کدامیک از درجات آزادی سازه را نشان می دهد.

نمونه کد مربوط به حذف یک درجه آزادی:

```
K_Cut = [K_Cut(:,1:i*5-4),K_Cut(:,i*5-2:size_K_Cut(1,2))];  
                                               % Cutting v_n Column  
K_Cut = [K_Cut(1:i*5-4,:);K_Cut(i*5-2:size_K_Cut(1,1),:)];  
                                               % Cutting v_n Row  
کد بالا که خطوط ۱۰۹ و ۱۱۰ برنامه را نشان می دهند سطر و ستون ۳-۵i را از ماتریس K_Cut  
(ماتریس سختی که درجات آزادی را حذف می کنیم) را حذف می کند.
```

## ماتریس نیروها

در مرحله بعد ماتریس سختی به دست آمده را در یک فایل اکسل با نام TotalMatrix\_Cut می ریزیم و همچنین ماتریسی را که از ماتریس Dof برای نشان دادن درجات آزادی باقی مانده به وجود آمده در دو فایل Horizontal\_Title و Vertical\_Title می ریزیم.

u2	0
v2	-23011.4
u3	0
v3	0
tz4	16299.7
u6	0
v6	-56183.5
u7	0
v7	0
tz8	79593.3
u10	0
v10	-8304.7
u11	0
v11	0
tz12	174343
u14	0
v14	-83014.7
tz15	184343
u16	0
v16	0
u18	0
v18	-216666
u19	0
v19	0
tz20	767359
u22	0
v22	-290484
u23	0
v23	0
tz24	1241330

سپس با توجه به درجات آزادی باقی مانده ماتریس بارگذاری را با دست با توجه به نودها و درجات آزادی باقی مانده شان در فایل اکسلی ایجاد می کنیم که به صورت روبرو می باشد:

که در ماتریس روبرو u و v مولفه X و y جابجایی و tz همان  $\theta_z$  می باشد.

حال با داشتن ماتریس سختی و ماتریس بارگذاری می بایست یک دستگاه معادله که به صورت زیر می باشد را حل کنیم:

$$[K] \cdot [U] = [F] \quad \Rightarrow \quad [U] = [K]^{-1} \cdot [F]$$

در فایل کد مطلبی که CADDisplacement نام دارد کد مربوط به حل این معادله آورده شده که در واقع ضرب ماتریس معکوس ماتریس سختی در ماتریس نیروها می باشد.

## ماتریس جابجایی ها

با حل معادله بالا ماتریس جابجایی ها به دست می آید که به صورت زیر می باشد:

u2	6.89462E-05
v2	-0.001381253
u3	6.8946E-05
v3	-0.001381253
tz4	0.000987932
u6	0.002531182
v6	-0.00264795
u7	0.002531168
v7	-0.00264795
tz8	0.007819139
u10	-0.011608492
v10	-0.010824458
u11	-0.004859173
v11	-0.010824449
tz12	0.000828556
u14	-0.003827622
v14	-0.010912158
tz15	0.000882132
u16	-0.001602196
v16	-0.010912156
u18	0.004244062
v18	-0.018989633
u19	0.004243984
v19	-0.018989633
tz20	0.194360576
u22	-0.021793993
v22	-0.040769374
u23	-0.004644867
v23	-0.040769352
tz24	0.380176201

ماتریس جابجایی ها نشان می دهد که ماکزیمم جابجایی برابر  $4.0769 \text{ cm}$  و ماکزیمم پیچش برابر  $0.3802$  رادیان یا به عبارتی حدود  $21.784$  درجه می باشد که برای سازه ای با این عظمت و ساده سازی های اولیه ای که ما برای حل آن کردیم جواب های معقولی می باشند.

## ماتریس نیروها و ممان ها

حال با داشتن جابجایی ها می توان نیروهای داخلی را به دست آورد مثلا ما در اینجا نیروهای روی ستون اصلی برج را که از طریق تیرهای داخلی به آن منتقل می شوند را محاسبه نموده ایم که روش کار چنین می باشد که ماتریس سختی به دست آمده برای هر یک از المان ها را در ماتریس جابجایی دو نود دو سر المان (که حالا با توجه به ماتریس جابجایی ها داریم) ضرب می کنیم و به این صورت نیرو و ممان های داخلی به دست می آید که نتایج به دست آمده برای نودهای روی ستون مرکزی برج در زیر آورده شده است:

Element	3	6	9	12	15	18
Fxi	20440.5	375210.5	-1134732.3	-374150.8	251647.9	-1070999.7
Fyi	2357.3	12549.6	-645.3	-615.0	53734.0	72255.6
Fzi	4.5	20.7	0.0	0.0	2.2	0.0
Myi	-9.6	-87.8	0.0	0.0	-23.6	0.0
Mzi	9890.9	72653.6	-2809.2	-2526.6	762997.2	1237693.1
Fxj	-20440.5	-375210.5	1134732.3	374150.8	-251647.9	1070999.7
Fyj	-2357.3	-12549.6	645.3	615.0	-53734.0	-72255.6
Fzj	-4.5	-20.7	0.0	0.0	-2.2	0.0
Myj	-9.6	-87.8	0.0	0.0	-23.6	0.0
Mzj	127.8	34017.9	-5508.9	-5400.9	378849.3	614939.6

## نتیجه‌گیری و توضیحاتی راجب پروژه:

در این پروژه ما با انجام یک پروژه به نسبت ساده شده کاملاً متوجه شدیم که در صورت عدم وجود کارهای عددی و کامپیوتر، بشر برای انجام خیلی از اعمال خود دچار مشکل می‌شد. چنانچه اگر ما می‌خواستیم در این پروژه ماتریس سختی کلی اولیه را که ماتریسی  $125 \times 125$  بود را به صورت دستی ایجاد و سر هم کنیم فقط می‌توان تصور کرد که چه کاغذ بزرگی نیاز داشتیم تا این ماتریس را در یک جا داشته باشیم و همچنین احتمال خطای ما بسیار بالا می‌رفت و همچنین امکان بازنگری و رفع عیوب نیز بسیار پایین می‌آمد و در واقع ما توسط کارهای روتین و تکراری دست و پا گیر اسیر می‌شدیم و از اصل مساله که درک واقعیت بیرونی می‌باشد دور می‌ماندیم. حال آنکه با کمک کامپیوتر و روش‌های عددی امروزه ما به راحتی می‌توانیم کارهایی را انجام دهیم که شاید سال‌ها پیش تصور آن برای افراد زیادی غیرممکن می‌نمود.

همچنین در زمینه این پروژه باید ذکر شود که با تحقیق در مورد برج میلاد و ساختمانهای یکتای مشابه چنین برداشت شد که در تحلیل چنین سازه‌هایی علاوه بر اینکه برخلاف بقیه سازه‌ها از تقریب‌ها کمتر استفاده می‌شود و سعی می‌کنند که مدل دقیق سازه را به صورت کامل تحلیل کنند بلکه در نهایت وقتی مثلاً در قسمت طراحی سطح مقطع تیرها به این نتیجه رسیدند که مثلاً تیر استاندارد جوابگوی این سازه می‌باشد باز هم پا از این فراتر می‌نهند و از تیر سبک‌تری استفاده می‌کنند. دلیل این کار چنین می‌باشد که آیین‌نامه‌ها و استانداردها بر اساس روش‌های ساخت معمول و با دقت متوسط می‌باشد حال آنکه در چنین برجی مثلاً از جوش معمولی برای سازه استفاده نمی‌کنند یعنی به طور معمول بر روی کار جوش نمی‌دهند بلکه سازه‌ای را که قرار است بر روی برج قرار گیرد را در ابتدا می‌سازند و کارهای جوشکاری را انجام می‌دهند سپس سازه ساخته شده را وارد کوره تنش‌زدایی می‌کنند تا تنش‌های پس‌ماندی که بر اثر جوش دادن و خطاهای دیگر در سازه ایجاد شده را بگیرند و در واقع با این کار مقاومت سازه را بالا می‌برند. در انتها پس از انجام همه این اعمال سازه آماده شده را در جای مورد نظر بر برج نصب می‌کنند.

ضمانہ